

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12499 号
------	---------------

氏 名 松本 光二

### 論文題目

Si基板上GaN高周波パワーデバイスに向けたAlN下地層及びGaN層の高品質化に関する研究  
(Study on improvement of characteristics of AlN buffer and GaN layers for GaN high frequency power device on Si substrate)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	天野 浩
委員	名古屋大学	教授	宮崎 誠一
委員	名古屋大学	准教授	本田 善央
委員	三重大学	教授	三宅 秀人
委員	名古屋大学	教授	宇治原 徹

## 論文審査の結果の要旨

松本光二君提出の論文「Si基板上GaN高周波パワーデバイスに向けた AlN下地層及びGaN層の高品質化に関する研究」は、有機金属化合物気相成長(MOVPE)法を用いた(111) Si基板上への(0001) GaN成長プロセスの詳細、特にアルミニウム原料であるトリメチルアルミニウム(TMAI)の先流しに関するAlN下地層成長初期プロセスの詳細、SiNx中間層形成と熱エッチングを併用したプロセスによる貫通転位低減の手法、およびMOVPEによるGaN成長中におけるSi基板へのアルミニウム及びガリウムの拡散機構と抵抗率の低下現象の詳細を詳細に明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、これまでに化合物半導体が社会に果たしてきた役割を述べると共に、本論文中で扱う化合物半導体材料であるGaN結晶に対して社会から期待されていることを述べた上で、GaN結晶育成技術の課題について整理し、本研究の主旨を説明している。

第2章では、実験に用いたMOVPE装置の概略及び典型的な成長プロセス、及び結晶評価手法としてX線回折法、透過電子顕微鏡による観察、二次イオン質量分析法、Raman分光法、原子間力顕微鏡による観察などの従来から用いられている各種評価法に加え、基板リークの評価としてSi基板のキャリア濃度分布評価のために用いた広がり抵抗測定法について、その原理を概説している。

第3章では、AlN成長の前段階として、アンモニアを供給せず、TMAIのみを供給するプロセスに着目し、この供給時間を変えることにより、AlNの結晶性、優先結晶方位がどのように変化するか、またそのAlNの結晶性の影響を受けてその上に成長するGaN層がどのような表面モフォロジーが形成されるのかを詳細に調べ、最適なTMAI供給時間を特定した結果とその機構をまとめている。これは品質の安定したGaNエピタキシャル層をSi基板上に再現性良く得るために重要な知見である。

第4章では、これまで多くの報告例のあるSiNx中間層を用いた転位低減手法について、成長炉内での熱エッチングとSiNx中間層を組み合わせた新しい低コストプロセスについて詳細に検討し、転位密度として $6.7E7 \text{ cm}^{-2}$ と、従来の手法よりも一桁程度少ない高品質化を達成したことをまとめている。今後パワーデバイスや高周波デバイスの性能向上が期待される重要な成果である。

第5章では、Si基板上のGaN成長プロセスにおいて、Si基板表面近傍の抵抗率低下をもたらすプロセスを特定し、その抑制手法について検討し、アルミニウムについてはSi基板表面のアルミニウムとアンモニアが反応し、窒化が進むためにSi基板へのアルミニウム汚染量を一桁以上抑制可能となった結果をまとめている。またガリウムの拡散については、成長炉内に残存するガリウムが起源であることを特定し、AlN膜厚を厚くすることにより、拡散の抑制が可能であることを見出している。これは特に高周波パワーデバイスのドレイン電流の漏れを抑制し、デバイスの高耐圧化を実現するために必須の重要な知見である。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように、本論文によりSi基板上AlN下地層に関する理解が格段に進み、GaN層の表面モフォロジー改善や転位密度低減がなされた。また、GaN結晶成長プロセスによるSi基板キャリア濃度への影響についても明らかになった。本研究の取り組みにより、GaN結晶を用いた高周波パワーデバイスの漏れ電流、オン抵抗、寄生損失等の電気特性の改善が期待される。以上の結果は、学術的意義が高く、また工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である松本光二君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。